

Г.М. ШАБАНОВА, докт. техн. наук, **Д.Ю. МАРКОВ**,
А.М. КОРОГОДСЬКА, канд. техн. наук, **О.С. НАБОКА**,
О.О. ГАПОНОВА, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ»

РОЗРОБКА СКЛАДІВ БЕТОНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ШЛАКОЛУЖНИХ В'ЯЖУЧИХ МАТЕРІАЛІВ НА РІДКОМУ СКЛІ

У статті наведені результати розробки високоміцних бетонів основі шлаколуужних в'язучих матеріалів, затворених рідким склом. За допомогою симплекс-гратчастого методу планування експерименту оптимізовано гранулометричний склад заповнювача – гранітного відсіву. Досліджено основні фізико-механічні характеристики отриманого бетону. Розроблено склади тротуарних плиток з використанням розробленого матеріалу та встановлено відповідність їх вимогам державних стандартів.

In the article the results of development of high durability concretes of are resulted on the basis of slag alkaline binding materials, inundated liquid glass. With a help there is a simplex – latticed method of experiment planning of granulometric composition of filler is optimized – granite sifting out. Basic physical and mechanical descriptions of the got concrete are probed. Compositions of sidewalk tiles are developed with the use of the developed material and their conforming to the requirements of state standards is set.

У теперішній час основні властивості шлаколуужних бетонів – замкнутість пор, висока щільність і міцність, підвищена морозостійкість (взагалі морозостійкість шлаколуужних бетонів складає 300 – 1000 циклів й більше) і корозійна стійкість, водонепроникність, низький коефіцієнт фільтрації – дозволяють віднести їх до розряду матеріалів зі спеціальними властивостями й рекомендувати до використання в першу чергу в спеціальних видах будівництва, де потрібні корозійностійкі бетони а також в іригаційному й дорожньому будівництві, у місцях де відсутні необхідні для таких бетонів на портландцементі заповнювачі [1 – 4].

Узагальнюючи досвід багаторічної експлуатації шлаколуужних бетонів на основі місцевих ґрунтів у виробках і конструкціях різних споруджень, а також результати випробувань зразків, випиляних з них, можна зробити висновок, що такі бетони довговічні й мають високі експлуатаційні якості.

Для розробки високоміцних бетонів на основі шлаколуужних в'язучих матеріалів були обрані доменний гранульований шлак ВАТ «Алчевський металургійний комбінат»; портландцемент ПЦ 1-500-Н ВАТ «Балцем» у якості активізатора тверднення шлаку; глина Новорайського родовища марки ДН-0.

У якості заповнювача було використано гранітний відсів.

У якості лужного затворювача використовували рідке скло з модулем 2,45 густиною 1,3 г/см³.

Для отримання шлаколужного бетону відповідної міцності, щільності та однорідності, що забезпечує необхідну експлуатаційну надійність отриманих бетонів, було проведено підбір оптимального гранулометричного складу заповнювача, що значно впливає на вищезазначені параметри.

При проведенні експерименту у якості в'язучого використовувався шлаколужний матеріал оптимального складу, отриманий у попередніх дослідженнях, з найвищими експлуатаційними показниками [5].

В якості заповнювача використовувався гранітний відсів наступних фракцій: 2 – 1,25 мм, 1,25 – 0,63 мм та менше 0,63 мм. Оптимізація кількісного співвідношення суміжних фракцій заповнювача проводилась за допомогою симплекс – гратчастого методу планування експерименту.

Зразки бетонів у вигляді кубів розміром $(5 \times 5 \times 5) \cdot 10^{-2}$ м виготовлялись методом віброущільнення. Для опису залежності міцності отриманих бетонів від кількісного співвідношення суміжних фракцій заповнювачів використовували поліном неповного третього порядку.

Матрицю планування експерименту наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Матриця планування експерименту для оптимізації міцності при стиску

Коефіцієнт полінома	Фракції наповнювача			Межа міцності при стиску, кг/см ²
	X ₁ (2 – 1,25 мм)	X ₂ (1,26 – 0,63 мм)	X ₃ (< 0,63 мм)	
n ₁	1	0	0	78,6
n ₂	0	1	0	27,9
n ₃	0	0	1	33,9
n ₁₂	0,5	0,5	0	169,9
n ₂₃	0,5	0	0,5	149,8
n ₁₃	0	0,5	0,5	141,7
n ₁₂₃	0,33	0,33	0,33	91,2

Базуючись на основі проведених розрахунків було визначені коефіцієнти рівняння залежності міцності отриманих шлаколужних бетонів від кількісного та гранулометричного складу заповнювання, яке має вигляд:

$$y = 78,6 \cdot X_1 + 27,9 \cdot X_2 + 53,9 \cdot X_3 + 466,6 \cdot X_{12} + 301,8 \cdot X_{13} + 435,6 \cdot X_{23} - 2587,8 \cdot X_{123}$$

Адекватність рівняння перевірялась постановкою додаткових контрольних експериментів. Для розрахунку поверхні оптимізації використовувалась спеціально розроблена програма в оболонці Microsoft Office Excel. За результатами виконаних розрахунків та математичної обробки даних побудована симплекс-діаграма «склад – межа міцності при стиску» та проекцій ліній однакового рівня для міцності при стиску зразків (рисунок).

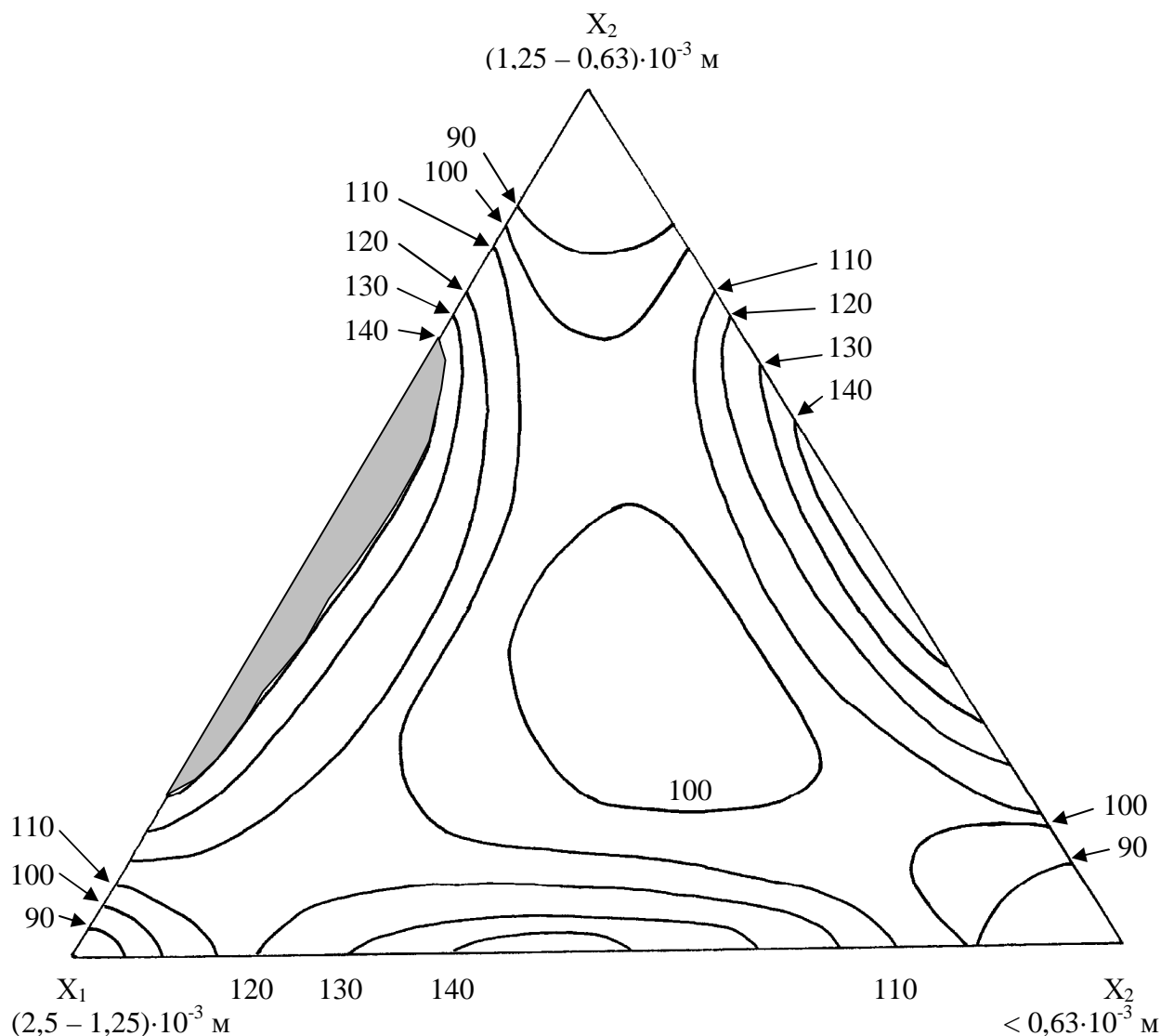


Рисунок – Діаграма «склад – межа міцності при стиску» зразків шлаколуужних бетонів, отриманих з використанням гранвідсіву

Із результатів розрахунку видно, що для отримання високоміцних шлаколуужних бетонів необхідно обирати суміш, яка складається із двох фракцій з наступним кількісним співвідношенням розмірів зерен:

- фракція 2 – 1,25 мм – 30 – 80 %;
- фракція 1,25 – 0,63 мм – 20 – 70 %.

Наявність фракції менше 0,63 мм є небажаною, оскільки її присутність значно знижує міцність отриманих виробів.

Вміст тонкої фракції замінюється шлаколузним в'язучим, тому необхідну міцність отриманим зразкам шлаколузних бетонів (до 170 кг/см²) надає двофракційна суміш заповнювача. Усі подальші дослідження фізико-технічних властивостей розроблених шлаколузних бетонів виконувалась з урахуванням оптимального гранулометричного складу заповнювача.

Визначення основних фізико-механічних та технічних властивостей отриманих шлаколузних бетонів відбувалося згідно ГОСТ 17608-91 «Плити бетонні тротуарні» та ТУ 5714-064-02495332-96 «Плити бетонні з гранітною крихтою».

До основних фізико-механічних та технічних властивостей розроблених шлаколузних бетонів відноситься: міцність при стиску, морозостійкість, стійкість до стирання, водопоглинання.

Для визначення цих показників були виготовлені наступні зразки: для визначення міцності при стиску, водопоглинання та морозостійкості – куби з розміром ребра $5 \cdot 10^{-2}$ м методом віброущільнення; для визначення стійкості до стирання – плитки розміром $(16 \times 4 \times 4) \cdot 10^{-2}$ м методом віброущільнення з поступовим укладанням шарів матеріалу (шар товщиною 10^{-2} м з віброущільненням впродовж 30 секунд, потім шар товщиною $3 \cdot 10^{-2}$ м з віброущільненням до загального часу 2 хвилини).

Склад зразків був наступним: 25 мас. % шлаколузного в'язучого матеріалу оптимального складу, 75 мас. % гранітного відсіву (60 мас. % фракції $(2 - 1,25) \cdot 10^{-3}$ м та 40 мас. % фракції $(1,25 - 0,63) \cdot 10^{-3}$ м).

Усі зразки після формування витримували впродовж 24 годин у повітряно-вологих умовах, а потім – 28 діб у аналогічних умовах.

Після цього зразки піддавали випробуванням.

Результати визначення основних фізико – механічних та технічних властивостей зразків шлаколузних бетонів наведений у табл. 2.

Таким чином, за даними ГОСТ та ТУ розроблений шлаколузний бетон має марку за міцністю при стиску В 150.

При кліматичному виконанні УХЛ за ГОСТ 15150 при розрахунковій температурі зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиденки району будівництва 5 – 15 °С марка бетону за морозостійкістю складає F 150.

Водопоглинання бетону та стійкість до стирання відповідає вимогам ГОСТ.

Таблиця 2

Основні фізико – механічні та технічні властивості зразків шлаколужних бетонів

Властивість	Значення
Міцність при стиску, кг/см^2 , у віці	
1 доба	97
3 доби	115
7 діб	142
28 діб	170
Водопоглинання, %	4,2
Морозостійкість, цикли	більше 25 (без зміни міцності)
Стійкість до стирання, г/см^2	0,8

За результатами випробувань та ґрутуючись на вимогах державних стандартів можна зробити висновок, що отримані бетони на шлаколужних в'язучих матеріалах можуть бути використані для створення покриттів садово-паркових та садових доріжок, тротуарів у внутрішньо-квартальних проїздах.

Оскільки затворення таких виробів відбувається за допомогою рідкого скла, то такі вироби стійкі до дії більшості мінеральних та органічних кислот, крім фтористоводневої, кремнефтористоводневої кислот та лугів.

На основі розробленого шлаколужного в'язучого матеріалу оптимального складу було отримано зразки готових виробів – тротуарні плитки. У якості заповнювачів використовувались пісок та гранітний відсів.

Склад плитки наступний: 43 % шлаколужного в'язучого оптимального складу, 36 % гранітного відсіву та 21 % піску.

Вихідні матеріали змішувались у кульовому металічному млині впродовж 20 хв., для гомогенізації суміші.

Суміш затворювалась рідким склом, плитка виготовлялась у металічній формі розміром $(200 \times 160 \times 70) \cdot 10^{-3}$ м методом віброущільнення.

Форми розбирались через 4 години після виготовлення виробів і висувувались при температурі $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ впродовж 10 годин.

Отримані плитки мали міцність на стиск 200 кг/см^2 , морозостійкість у режимі змінного заморожування при температурі – $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ та відтаювання більше ніж 25 циклів.

Таким чином, готові вироби у вигляді тротуарної плитки на основі розробленого шлаколужного в'язучого матеріалу оптимального складу має ма-

рку 200, є морозостійкими та відповідають державному стандарту України на такі вироби.

Список літератури: **1.** Глуховский В.Д. Шлакощелочные цементы и бетоны / В.Д. Глуховский, В.А. Пахомов. – К.: Будівельник, 1978 – 184 с. **2.** Глуховский В.Д. Производство бетонов и конструкций основе шлакощелочных вяжущих / [В.Д. Глуховский, П.В. Кривенко, Г.В. Румына, В.Д. Герасимчук]. – К.: Будівельник, 1988. – 144 с. **3.** Глуховский В.Д. Щелочные и щелочно-щелочноземельные гидравлические вяжущие и бетоны / В.Д. Глуховский. – К.: Вища школа, 1979. – 232 с. **4.** Ушеров-Маршак А. Шлакопортландцемент и бетон / А. Ушеров-Маршак, З. Гергичны, Я. Малолетши. – Харьков: Колорит, 2004 – 159 с. **5.** Володько А.В. Получение вяжущих материалов на основе отходов металлургической промышленности: материалы I Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых [Современные технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов], (Харьков, 23-24 марта 2009 г.) / [А.В. Володько, А.Н. Корогодская, Д.Ю. Марков, Г.Н.Шабанова]. – Харьков: 2009. – С. 48

Надійшла до редколегії 12.05.09